





SLIDE BEARING ASSEMBLY

Patent number: JP8105444
Publication date: 1996-04-23
Inventor: AKITA HIDEKI; OTA MAKOTO; NAKATANI HIDEAKI;
HATANO KAZUYOSHI; OGASAWARA MANABU
Applicant: HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY
Classification:
- **international:** F16C33/10
- **european:** F16C33/10F; F16C33/74
Application number: JP19940256095 19940927
Priority number(s): JP19940256095 19940927; JP19930287527 19931022;
JP19940210493 19940811

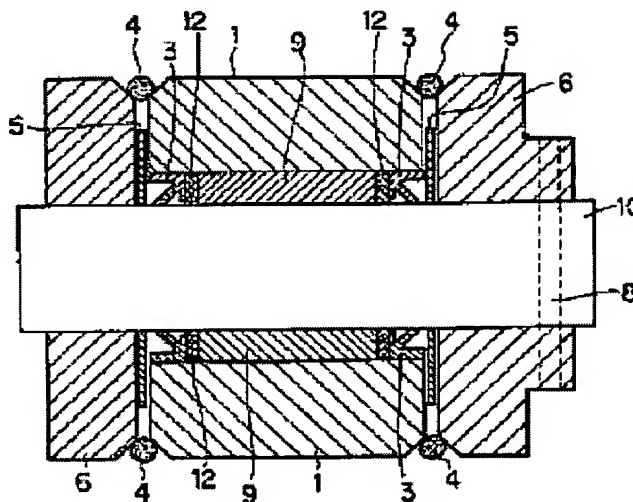
Also published as:

 E P0655562 (A2)
 US 5490730 (A1)
 E P0655562 (A3)
 E P0655562 (B1)

Abstract of JP8105444

PURPOSE: To perform the continuous use of a slide bearing assembly in a greaseless state even under high bearing pressure environment for a long period by impregnating a porous bush with high viscosity lubricating oil.

CONSTITUTION: In a slide bearing assembly having a shaft 10 and a bush 9 and the bush 9 formed of a porous iron sintered material, the interior of the pore of the bush 9 is impregnated with lubricating oil having viscosity in a range of 240-1500cSt. It is preferable that after the shaft 10 is carburized, high-frequency-quenched, and nitrided, modifying treatment of a surface is applied through a formation and carburization treating method. The bush 9 is formed of a composite quenched alloy of copper powder and iron powder, having porosity of 5-30%. A pore forms a communication hole and it is preferable that surface modifying treatment is applied thereon by a carburization, nitriding, or nitrosulphurizing treatment method. This constitution performs greaseless slide under working environment, where a high bearing pressure of 6kgf/mm² or more is exerted, for a long period of several years or more.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-105444

(43) 公開日 平成8年(1996)4月23日

(51) Int.Cl.⁸

F 1 6 C 33/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 7123-3J

審査請求 未請求 請求項の数22 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平6-256095

(22) 出願日 平成6年(1994)9月27日

(31) 優先権主張番号 特願平5-287527

(32) 優先日 平5(1993)10月22日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平6-210493

(32) 優先日 平6(1994)8月11日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005522

日立建機株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番2号

(72) 発明者 秋田 秀樹

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72) 発明者 太田 誠

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内

(72) 発明者 中谷 英昭

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内

(74) 代理人 弁理士 堀山 信是 (外1名)

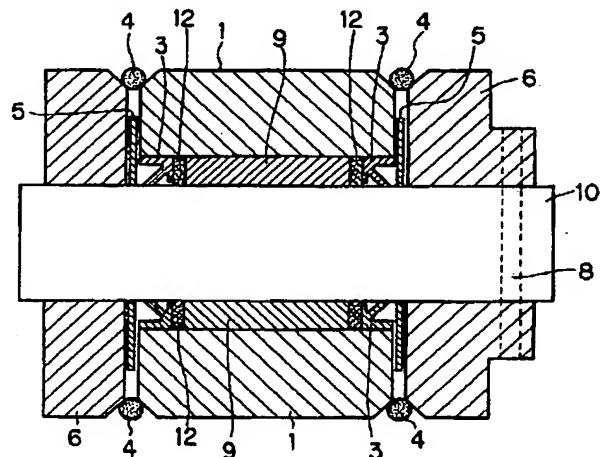
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 すべり軸受組立体

(57) 【要約】

【目的】 数年間以上の長期間にわたって無給脂で摺動させることができる、低速、高面圧用のすべり軸受組立体を提供する。

【構成】 軸とブッシュを有し、前記ブッシュは多孔質の鉄系焼結材からなるすべり軸受組立体において、前記ブッシュの気孔内は、240～1500 c S t の範囲内の粘度を有する潤滑油で含浸されていることを特徴とするすべり軸受組立体。前記軸は表面改質処理した鉄鋼材からなることが好ましく、また、このすべり軸受組立体は6.0 K g f / m m ² 以上の動作面圧および2～5 c m / 秒の範囲内の摺動速度の環境下で使用することが好ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも軸とブッシュを有し、前記ブッシュは多孔質の鉄系焼結材からなるすべり軸受組立体において、前記ブッシュは $240\text{ cSt} \sim 1500\text{ cSt}$ の範囲内の粘度を有する潤滑油が含浸されていることを特徴とするすべり軸受組立体。

【請求項 2】 前記軸は浸炭、高周波焼入れ及び窒化した後、化成ならびに浸硫処理法により表面改質処理されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 3】 前記ブッシュは気孔率が $5 \sim 30\%$ の、銅粉と鉄粉との複合焼結合金からなり、前記気孔は連通気孔であり、前記ブッシュは浸炭、窒化または浸硫窒化処理法により表面改質処理されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 4】 6 Kg f/mm^2 以上の面圧で使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 5】 6 Kg f/mm^2 以上の面圧および $2 \sim 5\text{ cm/秒}$ の範囲内の摺動速度で使用される請求項 4 のすべり軸受組立体。

【請求項 6】 前記潤滑油は MoS_2 、 WS_2 、六方晶形 BN およびグラファイトからなる群から選択される少なくとも 1 種類以上の、粒径が $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下の固体潤滑剤を更に含有する請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 7】 前記ブッシュの外周側壁面に遮油部材が当接されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 8】 前記遮油部材は軟質で、弾性を有し、吸油性の素材から形成されている請求項 7 のすべり軸受組立体。

【請求項 9】 前記遮油部材は不織布、織布、多孔質弾性プラスチック、海绵、石棉またはフェルトから形成されている請求項 8 のすべり軸受組立体。

【請求項 10】 前記ブッシュはクラウニング加工されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 11】 内周面にブッシュが配設されたボスと、ブラケットとを有し、前記ボスと前記ブラケットとの摺接面には、それぞれ高硬度の耐摩耗板が配設されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 12】 ボスを有し、該ボスの内周面には、半径方向外方寄りに高強度ブッシュが、更に半径方向内方寄りに多孔質複合焼結合金ブッシュが配設されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 13】 軸とブッシュを摺動させることにより生じたメカノケミストリ反応の生成物を該軸とブッシュとの摺動面に有する請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 14】 組立前に、軸又はブッシュの何れか一方に、 $0.001\text{ g/cm}^2 \sim 0.1\text{ g/cm}^2$ の範囲内の量のグリースを塗布してからブッシュに軸を挿入して組立て、組立後、 $50 \sim 200$ 時間の範囲内の時間にわたって軸とブッシュを摺動させた後、軸とブッシュの摺動面に $0.001\text{ g/cm}^2 \sim 0.01\text{ g/cm}^2$ の

範囲内の量のグリースを注入した、 8 Kg f/mm^2 以上の面圧で使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 15】 組立前に、軸又はブッシュの何れか一方に、 $0.005\text{ g/cm}^2 \sim 0.015\text{ g/cm}^2$ の範囲内の量のグリースを塗布してからブッシュに軸を挿入して組立て、組立後、 $75 \sim 150$ 時間の範囲内の時間にわたって軸とブッシュを摺動させた後、軸とブッシュの摺動面に $0.005\text{ g/cm}^2 \sim 0.015\text{ g/cm}^2$ の範囲内の量のグリースを注入した、 8 Kg f/mm^2 以上の面圧で使用される請求項 14 のすべり軸受組立体。

【請求項 16】 組立前に、軸又はブッシュの何れか一方に、 0.01 g/cm^2 の量のグリースを塗布してからブッシュに軸を挿入して組立て、組立後、 $100 \sim 130$ 時間の範囲内時間にわたって軸とブッシュを摺動させた後、軸とブッシュの摺動面に 0.01 g/cm^2 の量のグリースを注入した、 8 Kg f/mm^2 以上の面圧で使用される請求項 15 のすべり軸受組立体。

【請求項 17】 掘削機械のフロント部品用軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 18】 クレーンのアーム用軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 19】 ダム水門のローラゲイト軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 20】 プレス金型の上下スライドカム軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 21】 水力発電水車案内羽根軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 22】 海上クレーンアンローダピン軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はすべり軸受組立体に関する。更に詳細には、本発明は長期間にわたって無給脂で摺動させることができる、低速、高面圧用のすべり軸受組立体に関する。

【0002】

【従来の技術】 建設機械等の掘削装置においては、その駆動機構を動作させるために、この駆動機構を構成する各部材を相対的に回転または揺動可能に連結し、シリンダその他のアクチュエータで駆動するように構成している。例えば、油圧ショベルにおいては、アームの先端にバケットが連結されるが、このバケットによる掘削動作はバケットシリンダを動作させることにより、バケットをアームとの連結部を中心として回転または揺動させるようにする。このため、バケットとアームとは軸とブッシュとからなるすべり軸受組立体を介して連結される。

【0003】 従来から使用されているすべり軸受組立体の一例の断面図を図 14 に示す。ボス 1 の内部にブッシュ 2 が嵌着されている。ブッシュの側部外周にはダスト

シール3が圧入されている。ボス1の両側部にはブラケット6が設けられ、ボス1とブラケット6との隙間にはシム5が介在している。そして、この隙間の上端の外部にOリング4が装着されている。両端のブラケット6およびブッシュ2を貫通して軸7が挿入されている。軸7は、この軸とブラケット6を貫通する回転係止ボルト8により、回転不能にされている。この回転係止ボルト8の装着位置と反対側の軸の側端からブッシュ2の略中央部に向けてグリース給脂孔30が配設されている。グリース給脂孔30の一端には封止栓32が螺着されている。グリース給脂孔30の内部にはグリース34が充填されている。

【0004】掘削作業時には、すべり軸受組立体に低速ではあるが、極めて大きな面圧がかかる。このため、このような高面圧用のすべり軸受組立体にあつては、その摺動面にグリースなどの糊状潤滑油を十分に介在させておかなければ、早期に焼き付き、かじり、偏摩耗などが生じる。従つて、頻繁に給脂を行わなければならないが、この給脂作業は必ずしも容易に実施できるわけではない。

【0005】また、新たなグリースを給脂するためには軸受内の液化した古いグリースを軸受外へ排出しなければならない。この給脂および排出は一般的に掘削作業が行われている現場で行われる。この場合、排出された液化グリースは現場の土壌表面に蒔き散らかされて廃棄され、土壌汚染の問題を引き起こす。特に、最近では、都市部での宅地造成および造園作業において、液化グリースを土壌表面に廃棄したり、散乱させることは環境保護の観点から問題である。

【0006】長期間にわたってグリースなどの潤滑剤を補給しなくても、摺動面における潤滑性を維持する手段として、図15に示されるように、ブッシュ2の摺動面に黒鉛36などの固体潤滑剤を埋設したり、あるいは、ブッシュ自体を自己潤滑性のあるプラスチック材などで形成するか、または特殊なものとして磁気軸受や空気軸受などが開発されている。しかし、磁気軸受や空気軸受は高荷重用の軸受としては不適當である。一方、固体潤滑剤（例えば、黒鉛）や自己潤滑性部材（例えば、プラスチック）を使用した軸受にも様々な欠点が存在する。例えば、固体潤滑剤を使用する軸受の場合、母材金属同士の接触があり、微視的な“かじり”発生が避けられない。また、プラスチックなどのような自己潤滑性部材は、強度および硬さ不足から突発的な異常摩耗や変形（クリープ現象）を起こすことがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従つて、本発明の目的は、数年間以上の長期間にわたって無給脂で摺動させることができる、低速、高面圧用のすべり軸受組立体を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明では、軸とブッシュを有し、前記ブッシュは多孔質の鉄系焼結材からなるすべり軸受組立体において、前記ブッシュの気孔内は、 $240 \sim 1500 \text{ cSt}$ の範囲内の粘度を有する潤滑油で含浸されていることを特徴とするすべり軸受組立体を提供する。前記軸は表面改質処理した鉄鋼材からなることが好ましい。本発明のすべり軸受組立体は 6.0 Kg f/mm^2 以上の動作面圧および $2 \sim 5 \text{ cm/秒}$ の範囲内の摺動速度の環境下で使用することが好ましい。

【0009】

【作用】前記のように、本発明のすべり軸受組立体は、多孔質ブッシュに高粘度の潤滑油を含浸させることにより、低速、高面圧の環境下でも長期間（例えば、5年以上）にわたり無給脂のまま連続的に使用することができる。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明のすべり軸受組立体を具体的に説明する。

【0011】図1は本発明のすべり軸受組立体の一例の断面図である。本発明のすべり軸受組立体の基本的な構成自体は図14に示されたすべり軸受組立体と同じである。従つて、図14における部材と同一の部材については同じ参照符号を使用して説明する。図1に示された本発明のすべり軸受組立体においても、ボス1の内部にブッシュ9が嵌着されている。ボス1の両側部にはブラケット6が設けられ、ボス1とブラケット6との隙間にはシム5が介在している。そして、この隙間の上端の外部にOリング4が装着されている。両端のブラケット6およびブッシュ2を貫通して軸10が挿入されている。軸10は、この軸とブラケット6を貫通する回転係止ボルト8により、回転不能にされている。

【0012】本発明のすべり軸受組立体で使用するブッシュ9は例えば、銅粉と鉄粉とから形成された多孔質複合焼結合金である。その他の素材からなる多孔質ブッシュも使用できる。このブッシュの気孔率は $5 \sim 30\%$ 程度であることが好ましい。気孔率が 5% 未満では高粘度潤滑油の含浸量が不十分となり、無給脂軸受として使用できない恐れがある。一方、気孔率が 30% より高いと、ブッシュ自体の機械的強度が弱くなり、使用中に破壊する危険性がある。ブッシュ内の気孔は相互に連通していることが好ましい。

【0013】この多孔質ブッシュに $240 \sim 1500 \text{ cSt}$ の範囲内の粘度を有する高粘度潤滑油を含浸させる。粘度が 240 cSt 未満では潤滑油の流動性が高過ぎるため、ブッシュの気孔内に止めさせておくことが困難になり、使用中に“かじり”などが発生し、無給脂軸受を構成することができない。一方、粘度が 1500 cSt を越える潤滑油の場合、摩擦熱によって摺動部に滲み出た潤滑油が再び多孔質部に戻りづらく、長期には安

定した摺動特性を維持できない。

【0014】多孔質ブッシュに含浸させる潤滑油は、粘度が前記範囲内のものであれば、その組成自体は特に限定されない。鉱物油あるいは合成油など一般に市販されている組成の潤滑油は全て使用できる。但し、グリースは繊維を含有するのでブッシュに含浸させることはできない。この潤滑油には MoS_2 、 WS_2 、六方晶形BN、グラファイトなどの、粒径が $500\mu m$ 以下の固体潤滑性微粒子を配合することもできる。これらの固体潤滑性微粒子は本発明のすべり軸受組立体を寒冷地で使用する際に効果を発揮する。

【0015】本発明の多孔質ブッシュに高粘度潤滑油を含浸させる場合、潤滑油を加熱してより低粘度に液状化させ、この液状化潤滑油内にブッシュを浸漬し、真空雰囲気下で静置する。これにより、ブッシュの気孔内の空気が吸い出され、代わりに液状化潤滑剤がブッシュの気孔内に吸引される。このブッシュを空気中に取り出して室温にまで放冷すると液状化潤滑油はブッシュの気孔内で再び元の高粘度潤滑油に戻り流動性を失う。斯くして、高粘度潤滑油をブッシュの気孔内に留めておくことができる。高粘度潤滑油の加熱温度は特に限定されない。各粘度に応じて加熱温度は変化する。従って、潤滑油が液状化するまで加熱すればよい。このような作業は当業者に容易である。また、液状化潤滑油へのブッシュの浸漬時間および真空度も特に限定されない。浸漬時間および真空度も使用する潤滑油の粘度により左右される。重要なことは、ブッシュの気孔が潤滑油で飽和されるまで、ブッシュを液状化潤滑油内に浸漬させておくことである。一例として、粘度が $460cSt$ の潤滑油を $60\sim 80^{\circ}C$ にまで加熱し、 $2\times 10^{-2}mmHg$ の真空下で、ブッシュをこの潤滑油に浸漬させる場合、約1時間でブッシュの気孔が潤滑油で飽和される。

【0016】軸10は鉄鋼材からなる。この鉄鋼製の軸10を浸炭、窒化および高周波焼入れした後、その外表面を、化成（例えば、磷酸亜鉛、磷酸マンガンなど）または浸硫処理法などにより表面改質処理することが好ましい。理由は明らかでないが、軸の表面改質処理を行うとブッシュ内に含浸されている高粘度潤滑油との“ぬれ”性が改善され、潤滑効果およびトライボロジ特性が向上する。また、ブッシュ9の摺動面も浸炭、窒化または浸硫処理法などにより表面改質処理することが好ましい。例えば、ブッシュ9の摺動面に厚さ $1\sim 3mm$ 、好ましくは $2mm$ 程度の浸炭硬化層を形成させると、ブッシュの耐摩耗性を向上させることができる。

【0017】ボス1とブッシュ9は当業者に周知の任意の方法により相互に嵌着固定させることができる。例えば、焼きばめまたは冷却ばめなどのような収縮ばめにより相互に嵌着固定させることができる。

【0018】図2はブッシュ9と軸10との界面の模式的な部分拡大断面図である。図示されているように、多

孔質ブッシュ9の気孔内14に含浸されている高粘度潤滑油16がブッシュ9の内周面上に表出して薄い油膜18を形成する。この油膜18がブッシュ9と軸10との間の摺動界面となり、潤滑効果が発揮され、優れたトライボロジ特性が得られる。ブッシュの気孔内に含浸された高粘度潤滑油は流動性が極めて低いので、ブッシュと軸が相対的な摺動を繰り返しても、ブッシュから流失されることはない。その結果、潤滑油膜18は極めて長期間にわたって安定的に供給され続ける。これにより、本発明の無給脂すべり軸受組立体を確実に得ることができる。特に、低速、高荷重下で摺動駆動する軸10とブッシュ9間における“かじり現象”はミクロ的な金属接触によって引き起こされるが、本発明により粘度 $240cSt\sim 1500cSt$ の潤滑油を含浸させると、微視的な“油だまり（油膜18）”の存在によって、かじりなどによる損傷を皆無にすることができる。

【0019】再び図1を参照する。ブッシュ9に含浸された高粘度潤滑油は、時には、前記の潤滑油膜18（図2参照）を形成するのに必要十分な供給量を超えて、軸10とブッシュ9との摺動界面に滲出してくることがある。この滲出は主に、軸10とブッシュ9との摺動による摩擦熱によって潤滑油が膨張し、かつ、粘度が若干低下するために起こるものと思われる。この滲出してきた液状化潤滑油が軸受外へ漏出すると、軸10とブッシュ9間のトライボロジ特性の低下のみならず、従来のグリースの場合と同様に、環境汚染を起こすので好ましくない。このため、本発明のすべり軸受組立体では、ブッシュ9の両側面に遮油部材12を配設し、この遮油部材12をブッシュ9に向かって当接させるように、ダストシール3が軸10とボス1の間に圧入されている。この遮油部材12は軟質で弾性を有し、吸油性の素材から形成されていることが好ましい。この目的にかなう素材としては、例えば、不織布、織布、多孔質弾性プラスチック、海绵、石綿、フェルトなどが挙げられる。コスト、耐久性および吸油性の点からフェルトが好ましい。ブッシュ9から滲出してきた液状化潤滑油は軸10の長手方向に沿って移動する際、フェルト製の遮油部材と接触し、フェルト内に吸収される。その結果、液状化潤滑油が軸受外へ漏出することは効果的に防止される。

【0020】図3はブッシュに含浸させる潤滑油の面圧と摩擦係数との関係を示す特性図である。前記のような多孔質複合焼結合金からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュ3個にそれぞれ粘度 $230cSt$ （出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ230）、粘度 $360cSt$ （出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ360）および粘度 $460cSt$ （出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460）の潤滑油を前記のような方法で含浸させた。このブッシュを使用し、図1に示されるようなすべり軸受組立体を組み立てた。このすべり軸受組立体に様

々な値の面圧を加え、120度の角度で揺動させながら軸受の耐かじり性を測定した。図3に示された結果から明らかなように、粘度230cStの潤滑油の場合、約5Kg f/mm²程度の面圧でかじりが発生する。これに対し、本発明による粘度360cStおよび460cStの潤滑油の場合、10Kg f/mm²以上の面圧でもかじりの兆候すら認められない。

【0021】図4は従来のグリース給脂型すべり軸受組立体と本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体のトライボロジ特性を比較した特性図である。従来のグリース給脂型すべり軸受組立体は図10に示されるような構成のすべり軸受組立体を使用した。軸7にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ2には同じくS45C高周波焼入鋼を使用した。グリースには(株)出光興産から市販されているダフニコロネックスEPNo. 2を使用した。一方、本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体は図1に示されるようなすべり軸受組立体を使用した。軸10にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ9には多孔質複合焼結合金(Fe/Cu)からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュを使用した。このブッシュに粘度460cStの潤滑油(出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460を使用)を含浸させた。図4に示された結果から明らかなように、従来のグリース給脂型すべり軸受組立体の場合、面圧が5Kg f/mm²を超えるあたりからかじりの兆候が認められるが、本発明のすべり軸受組立体の場合、面圧が10Kg f/mm²を超えてもかじりの兆候は全く認められない。

【0022】図5および図6は本発明のすべり軸受組立体を800時間にわたって連続的に揺動運動させた際の、ブッシュおよび軸の摩耗量を示す特性図である。このすべり軸受組立体は基本的に図1に示されるような構成を有する。軸10にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ9には多孔質複合焼結合金(Fe/Cu)からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュを使用した。このブッシュに粘度460cStの潤滑油(出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460を使用)を含浸させた。面圧8Kg f/mm²、揺動角120度、荷重方向一定、しゅう速12rpmの条件で試験した。測定結果は揺動方向としてX1およびX2方向とY1およびY2方向にそれぞれ分けて示す。図5に示された結果から明らかなように、800時間経過後であっても、揺動方向に拘り無く、ブッシュは殆ど偏摩耗を受けていない。同様に、軸も800時間経過後であっても、揺動方向に拘り無く、殆ど偏摩耗を受けていない。また、摩耗量もせいぜい0.4mm程度と極めて少量である。換言すれば、これらの結果は、本発明の高粘度潤滑油含浸焼結ブッシュを使用するすべり軸受組立体では、8Kg f/mm²の高面圧でも、800時間の連続運転中にかじりが全く発生しなかったことを示

す。

【0023】本発明のすべり軸受組立体を組立後に所定時間(例えば、50時間程度)揺動させ続けると、ブッシュに含浸させた潤滑油以外の黒色で高粘度の潤滑物質が生成されることを発見した。この新たな黒色の高粘度潤滑物質は多分、軸とブッシュとの揺動によるメカノケミストリ反応による生成物であると思われる。ブッシュに含浸させた潤滑油とこの新たな黒色の高粘度潤滑物質との混合物が長期無給脂揺動の実現に寄与しているものと思われる。“メカノケミストリ”とは、固体物質に摩擦、摩擦、延伸、圧縮などの機械的エネルギーを加えることによって引き起こされる構造、相転移、反応性、吸着性、触媒活性等の変化をいう(岩波理化学事典、第4版、1276頁参照)。

【0024】図7及び図8は黒色の高粘度潤滑物質の組成分析の結果を示すチャート図である。図7(a)はブッシュ9に含浸させた潤滑油、出光ダフニスーパージヤ460(新品で未使用の状態のもの)の赤外線分光分析結果を示すチャート図であり、図7(b)はこの潤滑油が含浸されたブッシュと軸を100時間揺動させることにより生成された黒色の高粘度潤滑物質の赤外線分光分析結果を示すチャート図である。これから明らかなように、黒色の高粘度潤滑物質は赤外線波長1720cm⁻¹と1660cm⁻¹に、新品潤滑油とは異なる顕著な吸収帯が認められた。赤外線波長1720cm⁻¹はカルボニル基(エステル)に帰属するものであり、一方、波長1660cm⁻¹は炭素間二重結合(オレフィン)に帰属するものである。これらの結果から、含浸潤滑油は化学的に変質していることが確認できた。

【0025】図8は、黒色の高粘度潤滑物質から油状成分と固形物を分離し、乾燥後に粉末にしてX線によって同定解析したチャート図である。この結果、固形物は主として、SiO₂、Fe₃O₄、C、グラファイト、α-Fe₂O₃から構成されていることが判明した。従って、図7の結果と合わせて、軸10とブッシュ9との揺動部にメカノケミストリ反応が生じていることが確認できる。

【0026】図9は、黒色の高粘度潤滑物質の生成が確認されたすべり軸受組立体を分解し、軸10とブッシュ9の揺動面の変化を触針式の粗さ計で測定した結果の波形図である。(a)は軸10の表面粗さを示す波形図である。図示された結果から明らかなように、軸10のブッシュ9との揺動面は、駆動前の表面粗さ10~12μmが1μm以下の鏡面状態にまで改善されているが、ブッシュ9と揺動しない、ダストシール3との接触部及び高周波焼入れ部は、依然として駆動前の表面粗さのままである。一方、(b)はブッシュ9の表面粗さを示す波形図であるが、ブッシュの全面にわたって、1μm以下の鏡面状態にまで改善されていることが認められる。軸10とブッシュ9との間に再々認められる“かじり損

傷”は皆無であった。

【0027】本発明のすべり軸受組立体は原則的にグリースを使用する必要がない。しかし、使用開始直前はブッシュ内の含浸潤滑油が未だ摺動面に滲出してきていないので、軸とブッシュとの間に、いきなり高面圧がかかると“かじり”が発生する恐れがある。この初期“かじり”を防止するために、軸とブッシュを組立てる前に、軸又はブッシュの何れか一方、好ましくは軸の方に、 $0.001 \sim 0.1 \text{ g/cm}^2$ 、好ましくは $0.005 \text{ g/cm}^2 \sim 0.015 \text{ g/cm}^2$ 、最も好ましくは 0.01 g/cm^2 の量のグリースを塗布しておくことが好ましい。この組立前のグリース塗布により、初期“かじり”の防止が図られると共に、軸とブッシュの組立も容易になる。グリース塗布量が 0.001 g/cm^2 未満では所期の初期“かじり”防止効果が発揮されない。一方、グリース塗布量が 0.1 g/cm^2 超では逆に組立ての障害になるばかりか、摺動後に液状化したグリースがすべり軸受組立体の外部に漏出する恐れがある。グリース塗布量が 0.01 g/cm^2 の場合、軸とブッシュとの間に厚さが約 0.1 mm のグリース塗膜が存在することとなり、申し分のない初期“かじり”防止効果が得られると共に、すべり軸受組立体の組立も極めてスムーズに行うことができる。

【0028】また、駆動中の偏心荷重による“片当たり”によって局部的に 8 Kg f/mm^2 以上の面圧がすべり軸受組立体に加わる機械がある。このような機械の場合、すべり軸受組立体の組立から、 $50 \sim 200$ 時間、好ましくは $75 \sim 150$ 時間、最も好ましくは $100 \sim 130$ 時間の範囲内の時間にわたって摺動させ、軸とブッシュを“なじませた”後、軸とブッシュの摺動面に、 $0.001 \sim 0.1 \text{ g/cm}^2$ 、好ましくは $0.005 \text{ g/cm}^2 \sim 0.015 \text{ g/cm}^2$ 、最も好ましくは 0.01 g/cm^2 の量のグリースを注入することもできる。摺動経過時間が 50 時間未満では軸とブッシュ間に十分な“なじみ”が生じていないので申し分のないグリース併用効果が発揮されないことがある。一方、摺動経過時間が 200 時間を超えると“片当たり”による“かじり”が発生しやすくなるので、この“かじり”の発生前にグリースを注入することが好ましい。摺動経過時間が $100 \sim 130$ 時間の範囲内では、軸とブッシュとが相互に十分に“なじんでいる”ばかりか、ブッシュ内の高粘度潤滑油及びメカノケミストリ反応生成物の存在により、“片当たり”による“かじり”が発生する恐れは殆どない。従って、グリース注入を行う場合、摺動開始から $100 \sim 130$ 時間経過後に行うことが最も好ましい。この際、グリース注入量が 0.001 g/cm^2 未満では、“片当たり”による“かじり”発生防止効果が得られない。一方、 0.1 g/cm^2 超では、液状化したグリースの一部がすべり軸受組立体の外部へ漏出してきることがある。グリース注入量が 0.01 g/cm^2

の場合、グリースは液状化しても軸とブッシュとの摺動面に止まり、すべり軸受組立体外部へ漏出してきることが殆どなく、しかも、申し分のない“かじり”発生防止効果が得られる。

【0029】図10は、この摺動後のグリース注入効果を例証する摩擦係数及び温度と試験時間との関係を示す特性図である。図10の結果は、実車相当のベンチ装置（面圧 8 Kg f/mm^2 、揺動角 120 度、荷重方向一定、しゅう速 12 rpm ）により得た。温度は多孔質ブッシュに熱電対（アルメルクロメル線）を点溶接（スポットウエルディング）し、軸と多孔質ブッシュ間に発生する摩擦熱を熱起電力として測定し、摩擦係数は多孔質ブッシュと軸間に発生するトルクを非接触トルク計（株）共和電業製）により測定し、 $\mu = T/N \cdot r$ の式より求めた。但し、前記式において、 μ は摩擦係数、 T はトルク、 N は垂直荷重及び r は軸半径を示す。図10において、①は組立時に塗布されたグリース（塗布量 0.01 g/cm^2 ）による効果であり、摩擦係数は 0.03 にまで低下される。②は軸とブッシュとの摺動により、これらの摺動面から組立時塗布グリースの大部分が消耗された状態（“なじみ”現象の初期状態）で、摩擦係数は $0.10 \sim 0.13$ にまで上昇する。③は摺動開始から 125 時間経過後に、軸とブッシュとの摺動面に、 0.01 g/cm^2 の量のグリースを注入した直後の摩擦係数で 0.03 にまで急落する。④は安定域での摩擦係数で 0.02 以下の値を維持する。この低摩擦係数値は約 1000 時間経過後も全く変化することなく維持された。また、図10から、温度は摩擦係数の変化と全く同様な変化を示すことが理解できる。グリースは温度の上昇により老廃するが、本発明のすべり軸受組立体では、図10に示されるように、温度がほぼ一定に維持されるので、グリースは殆ど老廃しない。従って、グリースの注入間隔は 1000 時間以上であることができる。このグリース注入効果は、ブッシュに高粘度潤滑油が含浸されていることによる相乗効果であり、ブッシュに高粘度潤滑油が含浸されていない場合には、 100 時間毎にグリースを注入しなければならない。

【0030】本発明のすべり軸受組立体は原則的に無給脂で使用されるが、前記のように、一部の機械では、グリース給脂を併用することもできる。このような場合、図1のすべり軸受組立体の軸10には、図14に示されるような従来のすべり軸受組立体の軸に設けられているようなグリース給脂孔32を設けることができる。

【0031】図11は、本発明のすべり軸受組立体の別の実施例を示す部分断面図である。軸10とブッシュ9との片当り（例えば、軸／ブッシュの隙間や軸の変形などに起因するもの）現象に対して強度的信頼性を向上させるために、ブッシュ9の両端にクラウニング部20が設けられている。

【0032】図12は、本発明のすべり軸受組立体の他

の実施例を示す部分断面図である。図12では、オーリング4から侵入してくる土砂等（例えば、ピッカース硬さ（HV）＝1000程度のSiO₂）に起因する摩擦作用によりボス1およびブラケット6の摩擦損傷を防ぐために、土砂等と同等あるいはそれ以上の硬さを有する耐摩耗板22を配設している。この耐摩耗板22により、すべり軸受組立体のトライボロジ特性のみならず、軸受自体の強度向上およびガタの発生防止を図っている。

【0033】図13は、本発明のすべり軸受組立体の更に別の実施例を示す部分断面図である。図13では、多孔質複合焼結合金ブッシュ9の端面部などの強度不足を補うために、このブッシュ9とボス1の間に更に鉄鋼製（例えば、S45C焼入鋼）の高強度ブッシュ24を介在させている。この高強度ブッシュ24の存在により、本発明のすべり軸受組立体を一層高い面圧下で使用することが可能になる。

【0034】本発明のすべり軸受組立体は6Kgf/mm²以上の高面圧および1.0Kgf・m/mm²・s以上の高PV値の条件下で使用するのに特に適する。本発明のすべり軸受組立体は例えば、掘削機械のフロント部品用軸受、クレーンのアーム用軸受、ダム水門のローラゲイト軸受、プレス金型の上スライドカム軸受、水力発電水車案内羽根軸受、海上クレーンアンローダピン軸受など、低速、高面圧用途に特に適する。

【0035】無給脂軸受として多孔質含油軸受自体は公知である。例えば、鑄成銅合金含油軸受、粉末焼結含油軸受などが使用されてきた。しかし、従来の多孔質含油軸受では、比較的低粘度の潤滑油が使用されており、高面圧下では、軸とブッシュとの摺動による摩擦熱により、潤滑油の粘度が一層低下することと、軸とブッシュとの摺動運動とにより、相当量の潤滑油がブッシュおよび摺動面から早期に外部へ排出されてしまう。このため、潤滑油のロスが大きく、給脂間隔をある程度は長くすることはできるが、全く無給脂で数年以上の長期間にわたって駆動させることはできない。また、従来の多孔質含油軸受のPV値は1Kgf・m/mm²・s未満であるが、最近の掘削機械では高効率、高出力化に伴って、そのフロント部のPV値は1Kgf・m/mm²・s以上で、摩擦係数（μ）が0.15以下であることが強く望まれている。従来の低粘度潤滑油を含浸させた多孔質含油軸受は、このような数値要件を満たす無給脂すべり軸受組立体とはなり得ない。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、6Kgf/mm²以上の高面圧を受ける使用環境下で、数年間以上の長期間（例えば、5年間）にわたって無給脂で摺動させることができるすべり軸受組立体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のすべり軸受組立体の一例の概要断面図である。

【図2】図1に示されたすべり軸受組立体の軸とブッシュとの摺動界面の部分拡大断面図である。

【図3】本発明のすべり軸受組立体におけるブッシュに含浸させる潤滑油の粘度の種類に応じた、面圧と摩擦係数の関係を示す特性図である。

【図4】従来のグリース給脂型すべり軸受組立体と本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体のトライボロジ特性を比較した特性図である。

【図5】本発明のすべり軸受組立体を800時間にわたって連続的に摺動運動させた際のブッシュの摩耗量を示す特性図である。

【図6】本発明のすべり軸受組立体を800時間にわたって連続的に摺動運動させた際の軸の摩耗量を示す特性図である。

【図7】黒色の高粘度潤滑物質の赤外線分光分析の結果を示すチャート図であり、（a）は新品で未使用の潤滑油のチャート図であり、（b）はこの潤滑油が含浸されたブッシュと軸を100時間摺動させることにより生成された黒色の高粘度潤滑物質のチャート図である。

【図8】黒色の高粘度潤滑物質から油状成分と固形物を分離し、乾燥後に粉末にしてX線によって同定解析したチャート図である。

【図9】黒色の高粘度潤滑物質の生成が確認されたすべり軸受組立体を分解し、軸10とブッシュ9の摺動面の変化を触針式の粗さ計で測定した結果の波形図であり、（a）は軸10の表面粗さを示す波形図であり、（b）はブッシュ9の表面粗さを示す波形図である。

【図10】本発明のすべり軸受組立体においてグリースを併用した場合の効果を実証する摩擦係数及び温度と摺動時間との関係の特性図である。

【図11】本発明のすべり軸受組立体の別の例の部分概要断面図である。

【図12】本発明のすべり軸受組立体の他の例の部分概要断面図である。

【図13】本発明のすべり軸受組立体の更に別の例の部分概要断面図である。

【図14】従来のグリース給脂型すべり軸受組立体の一例の概要断面図である。

【図15】従来の固体潤滑剤埋込型ブッシュの一例の部分概要断面斜視図である。

【符号の説明】

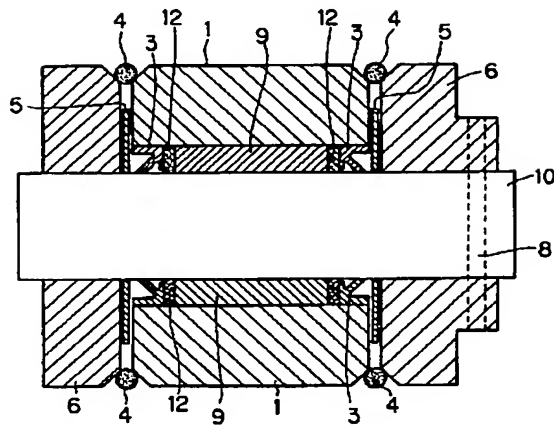
- 1 ボス
- 2 従来の鉄製ブッシュ
- 3 ダストシール
- 4 オーリング
- 5 シム
- 6 ブラケット
- 8 回転係止ボルト

9 多孔質複合焼結合金ブッシュ

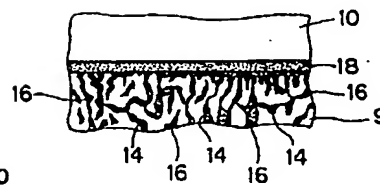
- 10 軸
12 遮油部材
14 気孔
16 高粘度潤滑油
18 油膜
20 クラウニング

- 22 耐摩耗板
24 高強度ブッシュ
30 グリース給脂孔
32 封止栓
34 グリース
36 黒鉛

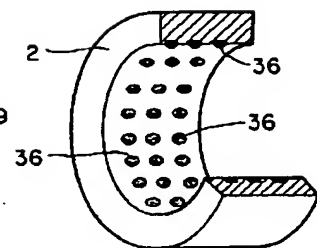
【図1】



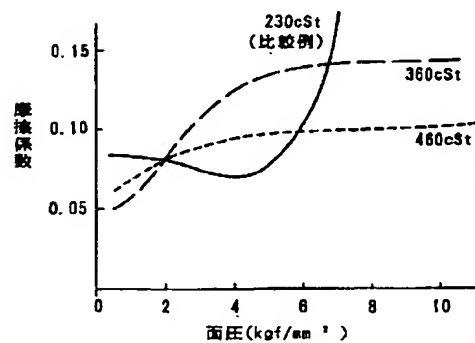
【図2】



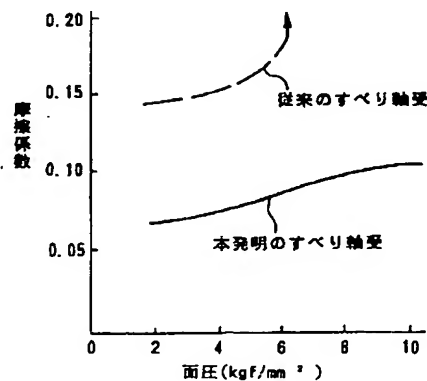
【図15】



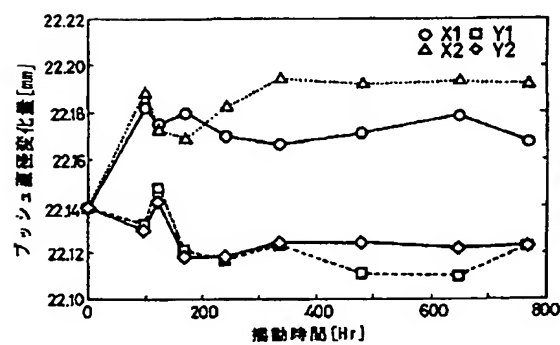
【図3】



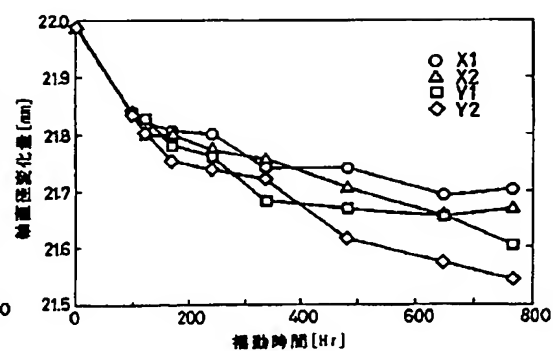
【図4】



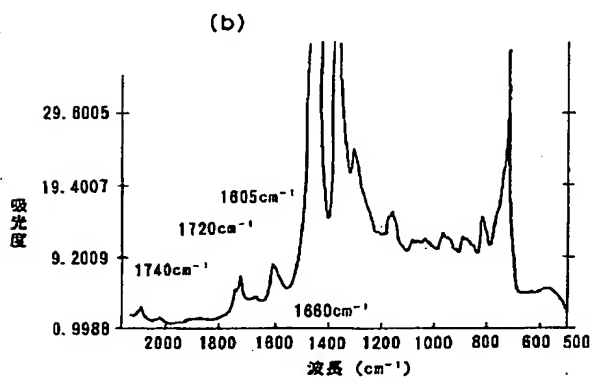
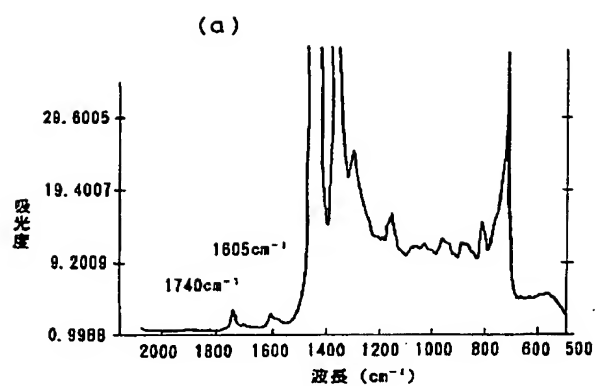
【図5】



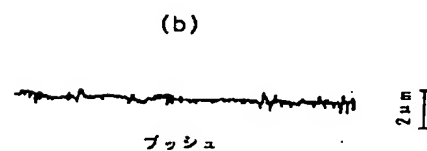
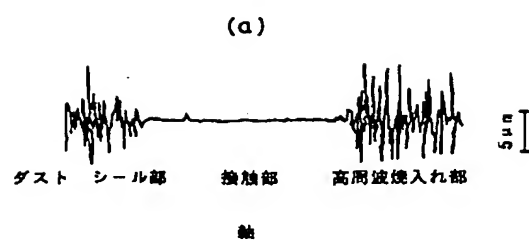
【図6】



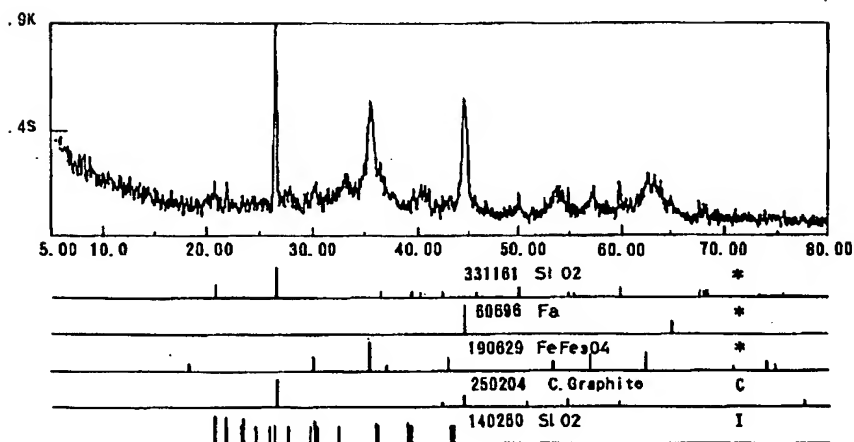
【図7】



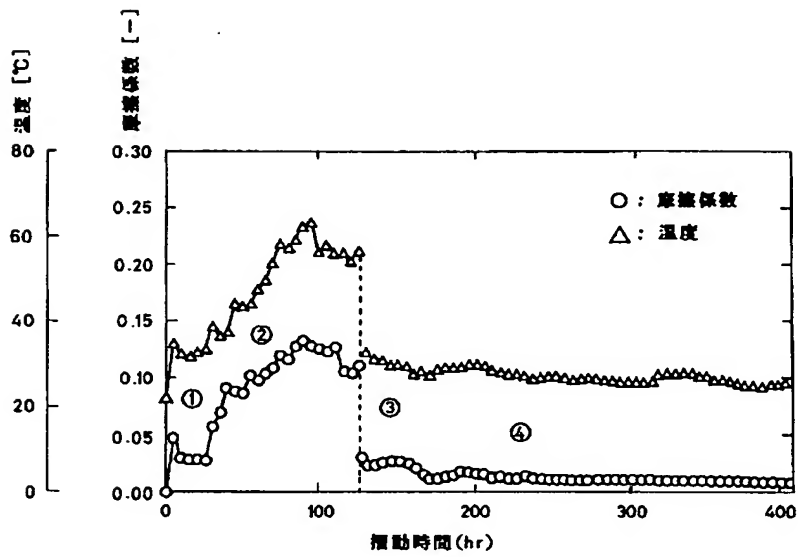
【図9】



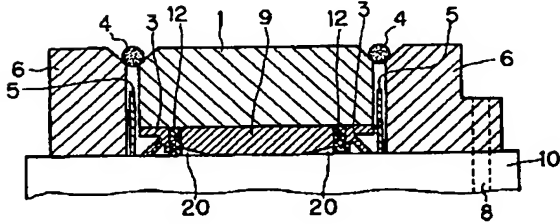
【図8】



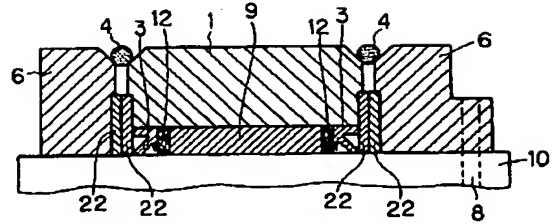
【図10】



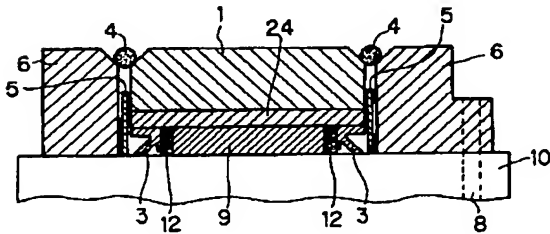
【図11】



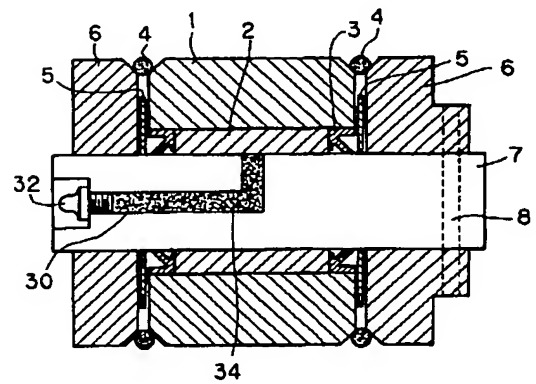
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 波多野 和好

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株
式会社土浦工場内

(72)発明者 小笠原 学

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株
式会社土浦工場内

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 5 部門第 2 区分
【発行日】平成 11 年（1999）1 月 22 日

【公開番号】特開平 8-105444
【公開日】平成 8 年（1996）4 月 23 日
【年通号数】公開特許公報 8-1055
【出願番号】特願平 6-256095
【国際特許分類第 6 版】
F16C 33/10
【F I】
F16C 33/10 A

【手続補正書】

【提出日】平成 9 年 7 月 28 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】すべり軸受組立体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも軸とブッシュを有し、前記ブッシュは多孔質の鉄系焼結材からなるすべり軸受組立体において、前記ブッシュは $260\text{cSt} \sim 950\text{cSt}$ の範囲内の粘度を有する潤滑油が含浸されていることを特徴とするすべり軸受組立体。

【請求項 2】 前記軸は浸炭、高周波焼入れ及び窒化した後、化成ならびに浸硫処理法により表面改質処理されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 3】 前記ブッシュは気孔率が 5～30%の、銅粉と鉄粉との複合焼結合金からなり、前記気孔は連通気孔であり、前記ブッシュは浸炭、窒化または浸硫窒化処理法により表面改質処理されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 4】 6Kg f/mm^2 以上の面圧で使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 5】 6Kg f/mm^2 以上の面圧および $2 \sim 5\text{cm/秒}$ の範囲内の摺動速度で使用される請求項 4 のすべり軸受組立体。

【請求項 6】 前記潤滑油は MoS_2 、 WS_2 、六方晶形 BN およびグラファイトからなる群から選択される少なくとも 1 種類以上の、粒径が $500\mu\text{m}$ 以下の固体潤滑剤を更に含有する請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 7】 前記ブッシュの外周側壁面に遮油部材が当接されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 8】 前記遮油部材は軟質で、弾性を有し、吸油性の素材から形成されている請求項 7 のすべり軸受組立体。

【請求項 9】 前記遮油部材は不織布、織布、多孔質弾性プラスチック、海绵、石綿またはフェルトから形成されている請求項 8 のすべり軸受組立体。

【請求項 10】 前記ブッシュはクラウニング加工されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 11】 内周面にブッシュが配設されたボスと、ブラケットとを有し、前記ボスと前記ブラケットとの摺接面には、それぞれ高硬度の耐摩耗板が配設されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 12】 ボスを有し、該ボスの内周面には、半径方向外方寄りに高強度ブッシュが、更に半径方向内方寄りに多孔質複合焼結合金ブッシュが配設されている請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 13】 軸とブッシュを摺動させることにより生じたメカノケミストリ反応の生成物を該軸とブッシュとの摺動面に有する請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 14】 掘削機械のフロント部品用軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 15】 クレーンのアーム用軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 16】 ダム水門のローラゲイト軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 17】 プレス金型の上下スライドカム軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 18】 水力発電水車案内羽根軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【請求項 19】 海上クレーンアンローダピン軸受組立体として使用される請求項 1 のすべり軸受組立体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はすべり軸受組立体に関する。更に詳細には、本発明は長期間にわたって無給脂で摺動させることができる、低速、高面圧用のすべり軸受組立体に関する。

【0002】

【従来の技術】建設機械等の掘削装置においては、その

駆動機構を動作させるために、この駆動機構を構成する各部材を相対的に回動または揺動可能に連結し、シリンダその他のアクチュエータで駆動するように構成している。例えば、油圧シヨベルにおいては、アームの先端にバケットが連結されるが、このバケットによる掘削動作はバケットシリンダを作動させることにより、バケットをアームとの連結部を中心として回動または揺動させるようにする。このため、バケットとアームとは軸とブッシュとからなるすべり軸受組立体を介して連結される。

【0003】従来から使用されているすべり軸受組立体の一例の断面図を図13に示す。ボス1の内部にブッシュ2が嵌着されている。ブッシュの側部外周にはダストシール3が圧入されている。ボス1の両側部にはブラケット6が設けられ、ボス1とブラケット6との隙間にはシム5が介在している。そして、この隙間の上端の外部にOリング4が装着されている。両端のブラケット6およびブッシュ2を貫通して軸7が挿入されている。軸7は、この軸とブラケット6を貫通する回転係止ボルト8により、回転不能にされている。この回転係止ボルト8の装着位置と反対側の軸の側端からブッシュ2の略中央部に向けてグリース給脂孔30が配設されている。グリース給脂孔30の一端には封止栓32が螺着されている。グリース給脂孔30の内部にはグリース34が充填されている。

【0004】掘削作業時には、すべり軸受組立体に低速ではあるが、極めて大きな面圧がかかる。このため、このような高面圧用のすべり軸受組立体にあっては、その摺動面にグリースなどの糊状潤滑油を十分に介在させておかなければ、早期に焼き付き、かじり、偏摩耗などが生じる。従って、頻繁に給脂を行わなければならないが、この給脂作業は必ずしも容易に実施できるわけではない。

【0005】また、新たなグリースを給脂するためには軸受内の液状化した古いグリースを軸受外へ排出しなければならない。この給脂および排出は一般的に掘削作業が行われている現場で行われる。この場合、排出された液状化グリースは現場の土壌表面に蒔き散らかされて廃棄され、土壌汚染の問題を引き起こす。特に、最近では、都市部での宅地造成および造園作業において、液状化グリースを土壌表面に廃棄したり、散乱させることは環境保護の観点から問題である。

【0006】長期間にわたってグリースなどの潤滑剤を補給しなくても、摺動面における潤滑性を維持する手段として、図14に示されるように、ブッシュ2の摺動面に黒鉛36などの固体潤滑剤を埋設したり、あるいは、ブッシュ自体を自己潤滑性のあるプラスチック材などで形成するか、または特殊なものとして磁気軸受や空気軸受などが開発されている。しかし、磁気軸受や空気軸受は高荷重用の軸受としては不相当である。一方、固体潤滑剤（例えば、黒鉛）や自己潤滑性部材（例えば、プラ

スチック）を使用した軸受にも様々な欠点が存在する。例えば、固体潤滑剤を使用する軸受の場合、母材金属同士の接触があり、微視的な“かじり”発生が避けられない。また、プラスチックなどのような自己潤滑性部材は、強度および硬さ不足から突発的な異常摩耗や変形（クリープ現象）を起こすことがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的は、数年間以上の長期間にわたって無給脂で摺動させることができる、低速、高面圧用のすべり軸受組立体を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明では、軸とブッシュを有し、前記ブッシュは多孔質の鉄系焼結材からなるすべり軸受組立体において、前記ブッシュの気孔内は、260～950cStの範囲内の粘度を有する潤滑油で含浸されていることを特徴とするすべり軸受組立体を提供する。前記軸は表面改質処理した鉄鋼材からなることが好ましい。本発明のすべり軸受組立体は6.0Kg/mm²以上の動作面圧および2～5cm/秒の範囲内の摺動速度の環境下で使用する事が好ましい。

【0009】

【作用】前記のように、本発明のすべり軸受組立体は、多孔質ブッシュに高粘度の潤滑油を含浸させることにより、低速、高面圧の環境下でも長期間（例えば、5年以上）にわたり無給脂のまま連続的に使用することができる。特公昭63-60247号公報には、軸を回転自在に嵌挿する軸受メタル（本発明の多孔質ブッシュに相当する）の軸孔に、複数の傾斜した溝を形成すると共に、前記軸と、前記溝を含む軸孔との間に、潤滑油を介在させた動圧軸受が開示されている。この軸受メタルは多孔質性の焼結合金からなり、この焼結合金の多孔部分に動粘度が1000C/S相当のオイルを含浸させると共に、前記軸と軸孔との間に、潤滑油として、前記オイルと同一種かつ同一動粘度のグリースを介在させて流体膜を形成する。この動圧軸受では、動圧作用を生じない軸の回転始動時には軸受メタルのオイルで潤滑機能が達成され、また、始動後には、グリースによる流体膜が形成され、この動圧作用により軸が非接触状態で支持される態勢となる。このように、特公昭63-60247号公報に記載された動圧軸受では、グリースの流体膜による動圧作用が主たる潤滑作用を発揮し、軸受メタル内に含浸された潤滑油は従たる潤滑機能しか果たさない。これに対し、本発明の軸受組立体では、グリースを使用する必要はなく、多孔質ブッシュに含浸された260～950cStの範囲内の粘度を有する潤滑油だけで全ての潤滑作用が果たされる。本発明の軸受組立体ではグリースを使用する必要がないので、多孔質ブッシュの軸孔にグリース流体膜形成用の溝などを形成する必要もない。

【0010】

【実施例】以下、図面を参照しながら本発明のすべり軸受組立体を具体的に説明する。

【0011】図1は本発明のすべり軸受組立体の一例の断面図である。本発明のすべり軸受組立体の基本的な構成自体は図14に示されたすべり軸受組立体と同じである。従って、図14における部材と同一の部材については同じ参照符号を使用して説明する。図1に示された本発明のすべり軸受組立体においても、ボス1の内部にブッシュ9が嵌着されている。ボス1の両側部にはブラケット6が設けられ、ボス1とブラケット6との隙間にはシム5が介在している。そして、この隙間の上端の外部にOリング4が装着されている。両端のブラケット6およびブッシュ2を貫通して軸10が挿入されている。軸10は、この軸とブラケット6を貫通する回転係止ボルト8により、回転不能にされている。

【0012】本発明のすべり軸受組立体で使用されるブッシュ9は例えば、銅粉と鉄粉とから形成された多孔質複合焼結合金である。その他の素材からなる多孔質ブッシュも使用できる。このブッシュの気孔率は5〜30%程度であることが好ましい。気孔率が5%未満では高粘度潤滑油の含浸量が不十分となり、無給脂軸受として使用できない恐れがある。一方、気孔率が30%より高いと、ブッシュ自体の機械的強度が弱くなり、使用中に破壊する危険性がある。ブッシュ内の気孔は相互に連通していることが好ましい。

【0013】この多孔質ブッシュに260〜950cStの範囲内の粘度を有する高粘度潤滑油を含浸させる。粘度が260cSt未満では潤滑油の流動性が高過ぎるため、ブッシュの気孔内に止めさせておくことが困難になり、使用中に“かじり”などが発生し、無給脂軸受を構成することができない。一方、粘度が950cStを越える潤滑油の場合、ブッシュの多孔部分内に含浸させることが非常に困難となるばかりか、仮に含浸させることができたとしても、摩擦熱によって摺動部にしみ出た潤滑油が再び多孔質部に戻りづらくなり、長期的に安定した摺動特性を維持できなくなる恐れがある。

【0014】多孔質ブッシュに含浸させる潤滑油は、粘度が前記範囲内のものであれば、その組成自体は特に限定されない。鉱物油あるいは合成油など一般に市販されている組成の潤滑油は全て使用できる。但し、グリースは繊維を含有するのでブッシュに含浸させることはできない。この潤滑油には MoS_2 、 WS_2 、六方晶形BN、グラファイトなどの、粒径が500 μm 以下の固体潤滑性微粒子を配合することもできる。これらの固体潤滑性微粒子は本発明のすべり軸受組立体を寒冷地で使用する際に効果を発揮する。

【0015】本発明の多孔質ブッシュに高粘度潤滑油を含浸させる場合、潤滑油を加熱してより低粘度に液状化させ、この液状化潤滑油内にブッシュを浸漬し、真空雰

囲気下で静置する。これにより、ブッシュの気孔内の空気が吸い出され、代わりに液状化潤滑油がブッシュの気孔内に吸引される。このブッシュを空気中に取り出して室温にまで放冷すると液状化潤滑油はブッシュの気孔内で再び元の高粘度潤滑油に戻り流動性を失う。斯くして、高粘度潤滑油をブッシュの気孔内に留めておくことができる。高粘度潤滑油の加熱温度は特に限定されない。各粘度に応じて加熱温度は変化する。従って、潤滑油が液状化するまで加熱すればよい。このような作業は当業者に容易である。また、液状化潤滑油へのブッシュの浸漬時間および真空度も特に限定されない。浸漬時間および真空度も使用する潤滑油の粘度により左右される。重要なことは、ブッシュの気孔が潤滑油で飽和されるまで、ブッシュを液状化潤滑油内に浸漬させておくことである。一例として、粘度が460cStの潤滑油を60〜80℃にまで加熱し、 $2 \times 10^{-2} mmHg$ の真空下で、ブッシュをこの潤滑油に浸漬させる場合、約1時間でブッシュの気孔が潤滑油で飽和される。

【0016】軸10は鉄鋼材からなる。この鉄鋼製の軸10を浸炭、窒化および高周波焼入れした後、その外表面を、化成（例えば、磷酸亜鉛、磷酸マンガンなど）または浸硫処理法などにより表面改質処理することが好ましい。理由は明らかでないが、軸の表面改質処理を行うとブッシュ内に含浸されている高粘度潤滑油との“ぬれ”性が改善され、潤滑効果およびトライボロジ特性が向上する。また、ブッシュ9の摺動面も浸炭、窒化または浸硫処理法などにより表面改質処理することが好ましい。例えば、ブッシュ9の摺動面に厚さ1〜3mm、好ましくは2mm程度の浸炭硬化層を形成させると、ブッシュの耐摩耗性を向上させることができる。

【0017】ボス1とブッシュ9は当業者に周知の任意の方法により相互に嵌着固定させることができる。例えば、焼きばめまたは冷却ばめなどのような収縮ばめにより相互に嵌着固定させることができる。

【0018】図2はブッシュ9と軸10との界面の模式的な部分拡大断面図である。図示されているように、多孔質ブッシュ9の気孔内14に含浸されている高粘度潤滑油16がブッシュ9の内周面上に表出して薄い油膜18を形成する。この油膜18がブッシュ9と軸10との間の摺動界面となり、潤滑効果が発揮され、優れたトライボロジ特性が得られる。ブッシュの気孔内に含浸された高粘度潤滑油は流動性が極めて低いので、ブッシュと軸が相対的な摺動を繰り返しても、ブッシュから流失されることはない。その結果、潤滑油膜18は極めて長期間にわたって安定的に供給され続ける。これにより、本発明の無給脂すべり軸受組立体を確実に得ることができる。特に、低速、高荷重下で摺動駆動する軸10とブッシュ9間における“かじり現象”はミクロ的な金属接触によって引き起こされるが、本発明により粘度260cSt〜950cStの潤滑油を含浸させると、微視的な

“油だまり（油膜18）”の存在によって、かじりなどによる損傷を皆無にすることができる。

【0019】再び図1を参照する。ブッシュ9に含浸された高粘度潤滑油は、時には、前記の潤滑油膜18（図2参照）を形成するのに必要十分な供給量を超えて、軸10とブッシュ9との摺動界面に滲出してくることがある。この滲出は主に、軸10とブッシュ9との摺動による摩擦熱によって潤滑油が膨張し、かつ、粘度が若干低下するために起こるものと思われる。この滲出してきた液状化潤滑油が軸受外へ漏出すると、軸10とブッシュ9間のトライボロジ特性の低下のみならず、従来のグリースの場合と同様に、環境汚染を起こすので好ましくない。このため、本発明のすべり軸受組立体では、ブッシュ9の両側面に遮油部材12を配設し、この遮油部材12をブッシュ9に向かって当接させるように、ダストシール3が軸10とボス1の間に圧入されている。この遮油部材12は軟質で弾性を有し、吸油性の素材から形成されていることが好ましい。この目的にかなう素材としては、例えば、不織布、織布、多孔質弾性プラスチック、海绵、石綿、フェルトなどが挙げられる。コスト、耐久性および吸油性の点からフェルトが好ましい。ブッシュ9から滲出してきた液状化潤滑油は軸10の長手方向に沿って移動する際、フェルト製の遮油部材と接触し、フェルト内に吸収される。その結果、液状化潤滑油が軸受外へ漏出することは効果的に防止される。

【0020】図3はブッシュに含浸させる潤滑油の面圧と摩擦係数との関係を示す特性図である。前記のような多孔質複合焼結合金からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュ3個にそれぞれ粘度230cSt（出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ230）、粘度360cSt（出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ360）および粘度460cSt（出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460）の潤滑油を前記のような方法で含浸させた。このブッシュを使用し、図1に示されるようなすべり軸受組立体を組み立てた。このすべり軸受組立体に様々な値の面圧を加え、120度の角度で揺動させながら軸受の耐かじり性を測定した。図3に示された結果から明らかなように、粘度230cStの潤滑油の場合、約5Kgf/mm²程度の面圧でかじりが発生する。これに対し、本発明による粘度360cStおよび460cStの潤滑油の場合、10Kgf/mm²以上の面圧でもかじりの兆候すら認められない。

【0021】図4は従来のグリース給脂型すべり軸受組立体と本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体のトライボロジ特性を比較した特性図である。従来のグリース給脂型すべり軸受組立体は図13に示されるような構成のすべり軸受組立体を使用した。軸7にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ2には同じくS45C高周波焼入鋼を使用した。グリースには（株）出光興産

から市販されているダフニコロネックスEPNo. 2を使用した。一方、本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体は図1に示されるようなすべり軸受組立体を使用した。軸10にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ9には多孔質複合焼結合金（Fe/Cu）からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュを使用した。このブッシュに粘度460cStの潤滑油（出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460を使用）を含浸させた。図4に示された結果から明らかなように、従来のグリース給脂型すべり軸受組立体の場合、面圧が5Kgf/mm²を超えるあたりからかじりの兆候が認められるが、本発明のすべり軸受組立体の場合、面圧が10Kgf/mm²を超えてもかじりの兆候は全く認められない。

【0022】図5および図6は本発明のすべり軸受組立体を800時間にわたって連続的に揺動運動させた際の、ブッシュおよび軸の摩耗量を示す特性図である。このすべり軸受組立体は基本的に図1に示されるような構成を有する。軸10にはS45C高周波焼入鋼を使用し、ブッシュ9には多孔質複合焼結合金（Fe/Cu）からなる、気孔率が15%の、浸炭焼入れしたブッシュを使用した。このブッシュに粘度460cStの潤滑油（出光石油から市販されている出光ダフニスーパージヤ460を使用）を含浸させた。面圧8Kgf/mm²、揺動角120度、荷重方向一定、しゅう速12rpmの条件で試験した。測定結果は揺動方向としてX1およびX2方向とY1およびY2方向にそれぞれ分けて示す。図5に示された結果から明らかなように、800時間経過後であっても、揺動方向に拘り無く、ブッシュは殆ど偏摩耗を受けていない。同様に、軸も800時間経過後であっても、揺動方向に拘り無く、殆ど偏摩耗を受けていない。また、摩耗量もせいぜい0.4mm程度と極めて少量である。換言すれば、これらの結果は、本発明の高粘度潤滑油含浸焼結ブッシュを使用するすべり軸受組立体では、8Kgf/mm²の高面圧でも、800時間の連続運転中にかじりが全く発生しなかったことを示す。

【0023】本発明のすべり軸受組立体を組立後に所定時間（例えば、50時間程度）揺動させ続けると、ブッシュに含浸させた潤滑油以外の黒色で高粘度の潤滑物質が生成されることを発見した。この新たな黒色の高粘度潤滑物質は多分、軸とブッシュとの摺動によるメカノケミストリ反応による生成物であると思われる。ブッシュに含浸させた潤滑油とこの新たな黒色の高粘度潤滑物質との混合物が長期無給脂摺動の実現に寄与しているものと思われる。“メカノケミストリ”とは、固体物質に摩擦、摩擦、延伸、圧縮などの機械的エネルギーを加えることによって引き起こされる構造、相転移、反応性、吸着性、触媒活性等の変化をいう（岩波理化学事典、第4版、1276頁参照）。

【0024】図7及び図8は黒色の高粘度潤滑物質の組成分析の結果を示すチャート図である。図7(a)はブッシュ9に含浸させた潤滑油、出光ダフニスーパギヤ460(新品で未使用の状態のもの)の赤外線分光分析結果を示すチャート図であり、図7(b)はこの潤滑油が含浸されたブッシュと軸を100時間摺動させることにより生成された黒色の高粘度潤滑物質の赤外線分光分析結果を示すチャート図である。これから明らかなように、黒色の高粘度潤滑物質は赤外線波長 1720 cm^{-1} と 1660 cm^{-1} に、新品潤滑油とは異なる顕著な吸収帯が認められた。赤外線波長 1720 cm^{-1} はカルボニル基(エステル)に帰属するものであり、一方、波長 1660 cm^{-1} は炭素間二重結合(オレフィン)に帰属するものである。これらの結果から、含浸潤滑油は化学的に変質していることが確認できた。

【0025】図8は、黒色の高粘度潤滑物質から油状成分と固形物を分離し、乾燥後に粉末にしてX線によって同定解析したチャート図である。この結果、固形物は主として、 SiO_2 、 Fe_3O_4 、C、グラファイト、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ から構成されていることが判明した。従って、図7の結果と合わせて、軸10とブッシュ9との摺動部にメカノケミストリ反応が生じていることが確認できる。

【0026】図9は、黒色の高粘度潤滑物質の生成が確認されたすべり軸受組立体を分解し、軸10とブッシュ9の摺動面の変化を触針式の粗さ計で測定した結果の波形図である。(a)は軸10の表面粗さを示す波形図である。図示された結果から明らかなように、軸10のブッシュ9との摺動面は、駆動前の表面粗さ $10\sim 12\text{ }\mu\text{m}$ が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の鏡面状態にまで改善されているが、ブッシュ9と摺動しない、ダストシール3との接触部及び高周波焼入れ部は、依然として駆動前の表面粗さのままである。一方、(b)はブッシュ9の表面粗さを示す波形図であるが、ブッシュの全面にわたって、 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の鏡面状態にまで改善されていることが認められる。軸10とブッシュ9との間に再々認められる“かじり損傷”は皆無であった。

【0027】図10は、本発明のすべり軸受組立体の別の実施例を示す部分断面図である。軸10とブッシュ9との片当り(例えば、軸/ブッシュの隙間や軸の変形などに起因するもの)現象に対して強度的信頼性を向上させるために、ブッシュ9の両端にクラウニング部20が設けられている。

【0028】図11は、本発明のすべり軸受組立体の他の実施例を示す部分断面図である。図11では、Oリング4から侵入してくる土砂等(例えば、ピッカース硬さ(Hv)=1000程度の SiO_2)に起因する摩耗作用によりボス1およびブラケット6の摩耗損傷を防ぐために、土砂等と同等あるいはそれ以上の硬さを有する耐摩耗板22を配設している。この耐摩耗板22によ

り、すべり軸受組立体のトライボロジ特性のみならず、軸受自体の強度向上およびガタの発生防止を図っている。

【0029】図12は、本発明のすべり軸受組立体の更に別の実施例を示す部分断面図である。図12では、多孔質複合焼結合金ブッシュ9の端面部などの強度不足を補うために、このブッシュ9とボス1の間に更に鉄鋼製(例えば、S45C焼入鋼)の高強度ブッシュ24を介在させている。この高強度ブッシュ24の存在により、本発明のすべり軸受組立体を一層高い面圧下で使用することが可能になる。

【0030】本発明のすべり軸受組立体系は 6 Kg f/mm^2 以上の高面圧および $1.0\text{ Kg f}\cdot\text{m/mm}^2\cdot\text{s}$ 以上の高PV値の条件下で使用するのに特に適する。本発明のすべり軸受組立体系は例えば、掘削機械のフロント部品用軸受、クレーンのアーム用軸受、ダム水門のローラゲイト軸受、プレス金型の上スライドカム軸受、水力発電水車案内羽根軸受、海上クレーンアンローダピン軸受など、低速、高面圧用途に特に適する。

【0031】無給脂軸受として多孔質含油軸受自体は公知である。例えば、鑄成銅合金含油軸受、粉末焼結含油軸受などが使用されてきた。しかし、従来の多孔質含油軸受では、比較的低粘度の潤滑油が使用されており、高面圧下では、軸とブッシュとの摺動による摩擦熱により、潤滑油の粘度が一層低下することと、軸とブッシュとの摺動運動により、相当量の潤滑油がブッシュおよび摺動面から早期に外部へ排出されてしまう。このため、潤滑油のロスが大きく、給脂間隔をある程度は長くすることはできるが、全く無給脂で数年以上の長期間にわたって駆動させることはできない。また、従来の多孔質含油軸受のPV値は $1\text{ Kg f}\cdot\text{m/mm}^2\cdot\text{s}$ 未満であるが、最近の掘削機械では高効率、高出力化に伴って、そのフロント部のPV値は $1\text{ Kg f}\cdot\text{m/mm}^2\cdot\text{s}$ 以上で、摩擦係数(μ)が0.15以下であることが強く望まれている。従来の低粘度潤滑油を含浸させた多孔質含油軸受は、このような数値要件を満たす無給脂すべり軸受組立体系とはなり得ない。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、 6 Kg f/mm^2 以上の高面圧を受ける使用環境下で、数年間以上の長期間(例えば、5年間)にわたって無給脂で摺動させることができるすべり軸受組立体系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のすべり軸受組立体系の一例の概要断面図である。

【図2】図1に示されたすべり軸受組立体系の軸とブッシュとの摺動界面の部分拡大断面図である。

【図3】本発明のすべり軸受組立体系におけるブッシュに含浸させる潤滑油の粘度の種類に応じた、面圧と摩擦係

数の関係を示す特性図である。

【図 4】従来のグリース給脂型すべり軸受組立体と本発明の高粘度潤滑油含浸型すべり軸受組立体のトライボロジ特性を比較した特性図である。

【図 5】本発明のすべり軸受組立体を 800 時間にわたって連続的に揺動運動させた際のブッシュの摩耗量を示す特性図である。

【図 6】本発明のすべり軸受組立体を 800 時間にわたって連続的に揺動運動させた際の軸の摩耗量を示す特性図である。

【図 7】黒色の高粘度潤滑物質の赤外線分光分析の結果を示すチャート図であり、(a) は新品で未使用の潤滑油のチャート図であり、(b) はこの潤滑油が含浸されたブッシュと軸を 100 時間揺動させることにより生成された黒色の高粘度潤滑物質のチャート図である。

【図 8】黒色の高粘度潤滑物質から油状成分と固形物を分離し、乾燥後に粉末にして X 線によって同定解析したチャート図である。

【図 9】黒色の高粘度潤滑物質の生成が確認されたすべり軸受組立体を分解し、軸 10 とブッシュ 9 の摺動面の変化を触針式の粗さ計で測定した結果の波形図であり、(a) は軸 10 の表面粗さを示す波形図であり、(b) はブッシュ 9 の表面粗さを示す波形図である。

【図 10】本発明のすべり軸受組立体の別の例の部分概要断面図である。

【図 11】本発明のすべり軸受組立体の他の例の部分概要断面図である。

【図 12】本発明のすべり軸受組立体の更に別の例の部分概要断面図である。

【図 13】従来のグリース給脂型すべり軸受組立体の一

例の概要断面図である。

【図 14】従来の固体潤滑剤埋込型ブッシュの一例の部分概要断面斜視図である。

【符号の説明】

- 1 ボス
- 2 従来の鉄製ブッシュ
- 3 ダストシール
- 4 O-リング
- 5 シム
- 6 ブラケット
- 8 回転係止ボルト
- 9 多孔質複合焼結合金ブッシュ
- 10 軸
- 12 遮油部材
- 14 気孔
- 16 高粘度潤滑油
- 18 油膜
- 20 クラウニング
- 22 耐摩耗板
- 24 高強度ブッシュ
- 30 グリース給脂孔
- 32 封止栓
- 34 グリース
- 36 黒鉛

【手続補正 2】

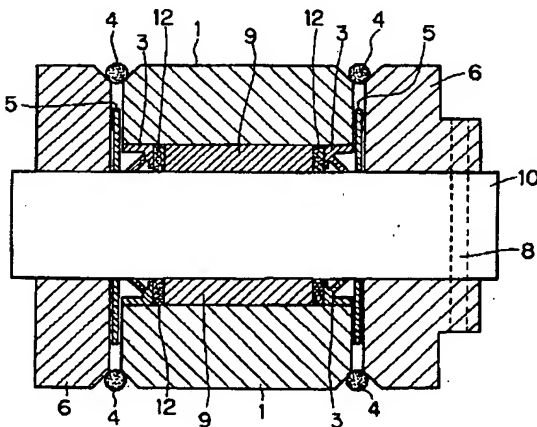
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

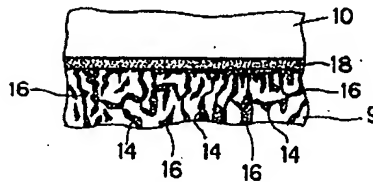
【補正方法】変更

【補正内容】

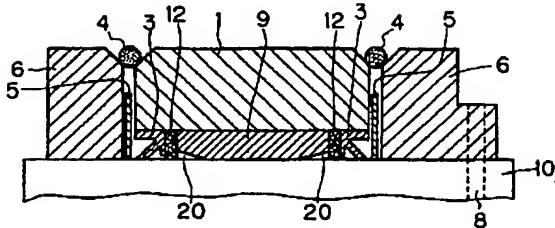
【図 1】



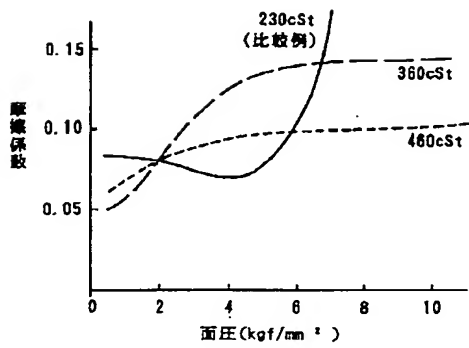
【図 2】



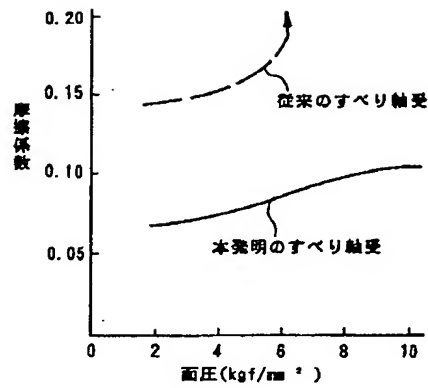
【図 10】



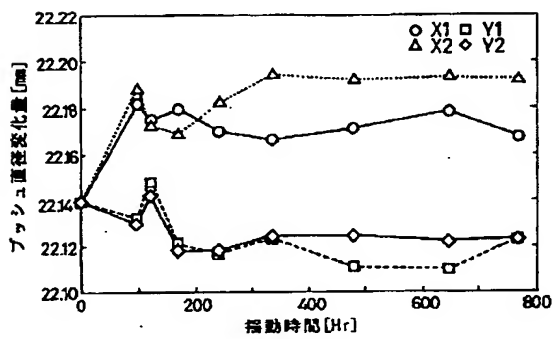
【図3】



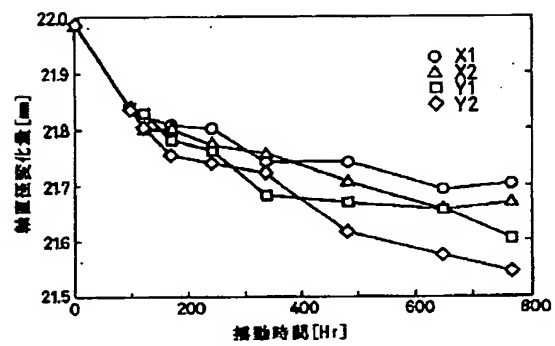
【図4】



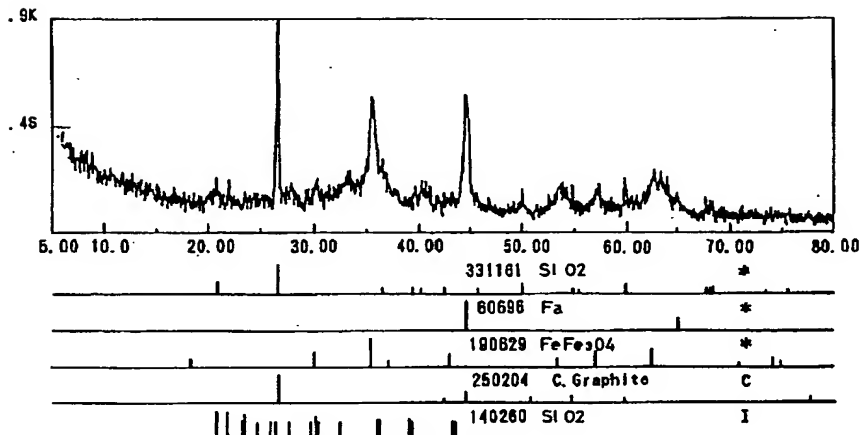
【図5】



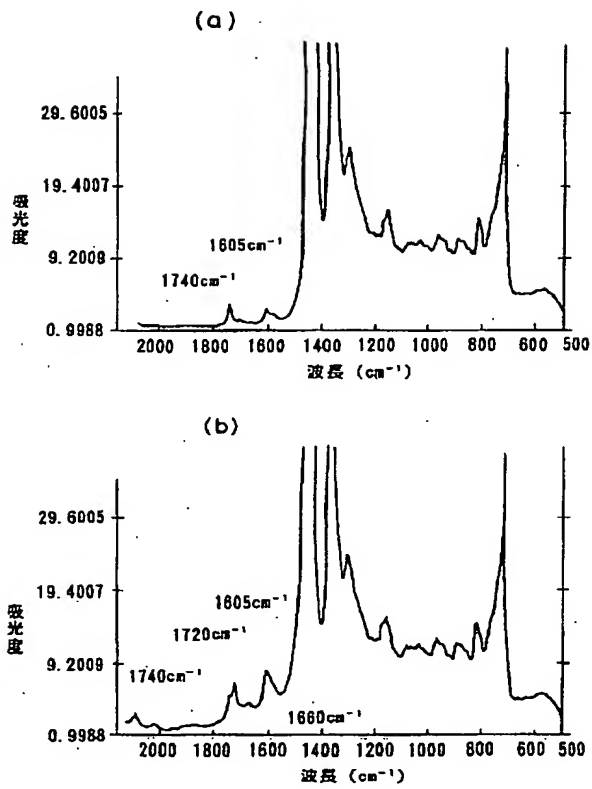
【図6】



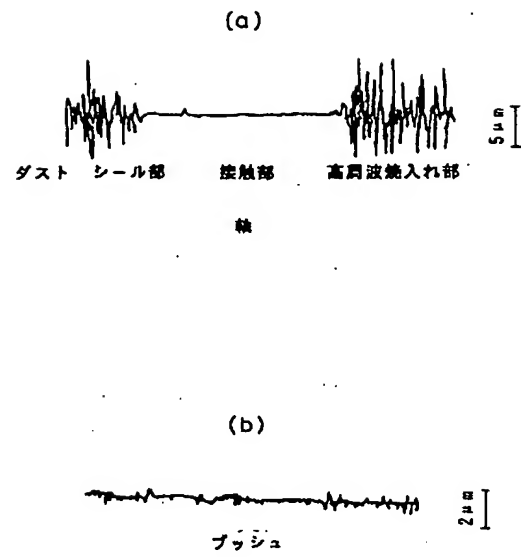
【図8】



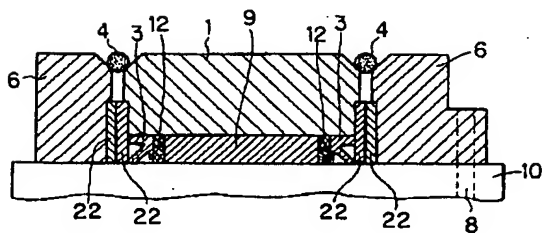
【図7】



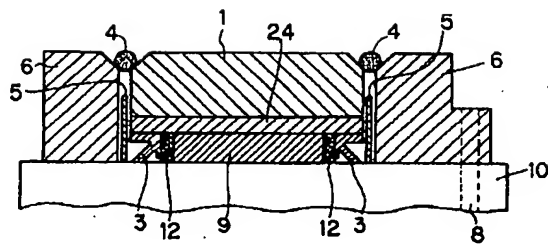
【図9】



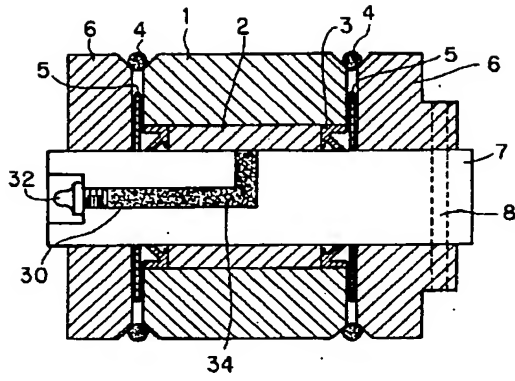
【図11】



【図12】



【図 13】



【図 14】

